

孙永明,熊 文,刘祖香,等. 生物黑炭和氮肥耦合提升红壤地力的效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):352-356.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.103

生物黑炭和氮肥耦合提升红壤地力的效果

孙永明¹,熊 文¹,刘祖香²,黄欠如¹,李钟平¹,郭书亚³

(1. 江西省红壤研究所/国家红壤改良工程技术研究中心,江西南昌 330046;2. 南京农业大学,江苏南京 210095;
3. 商丘市农林科学院,河南商丘 476000)

摘要:以江西省典型红壤旱地为对象,采用生物黑炭(用量 0、6、12、24、48 t/hm²)与氮肥(用量 90、120、150 kg/hm²)配施的方法来研究其对典型旱地红壤基础地力的提升效果。结果表明:旱地红壤的容重不同程度降低,0~15 cm 土层以 C5N3 处理降幅最高,达 14.90%,与对照相比降幅增加 11.01 百分点,且随着生物黑炭用量的增加,容重大致上逐渐减小;总孔隙度不同程度提高,0~15 cm 土层 C5N3 处理的总孔隙度比处理前提高了 9.32 百分点,显著高于其余处理($P < 0.05$);土壤养分有机碳、总氮含量均有不同程度提高,0~15 cm 土层有机碳含量以 C4N2 处理提高最多,与对照相比变化量提高了 50.06 百分点,总氮含量以 C4N3 处理最好,全氮含量相对变化量比对照提高了 40.38 百分点;油菜产量与对照相比提高 2.90%~49.26%,其中 C4N3 处理产量最高,比 CK 高 680.94 kg/hm²,显著高于其余处理($P < 0.05$)。

关键词:生物黑炭;氮肥;耦合;红壤旱地;物理结构;土壤养分;油菜产量

中图分类号: S158.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0352-04

红壤是我国主要的土壤类型之一,主要分布在长江以南各省(区),遍及南方 13 个省(区),一直是开发利用研究的重点。红壤地区光、温、水等气候资源丰富,是我国农业发展潜力最大的地区和重要的农林产品基地,以占全国 28% 的耕地养活了全国 43% 的人口^[1];同时该地区也是我国生态环境脆弱的地区之一,主要表现为水土流失严重,土壤质量和生态系统发生严重退化,土壤紧实、侵蚀、酸化、元素失衡、化学污染、有机质流失和动植物区系的退化等^[2],这些问题严重制约了该区域农业的可持续发展。

生物黑炭由于具有多芳香环、非芳香环的复杂结构,使其表现出高度的化学和微生物惰性,施进土壤后难以被土壤微生物利用;同时,由于其复杂成分中丰富的碳水化合物、长链烯烃等有机大分子,具有与土壤中的矿物质形成有机-无机复合体的功能活性,在提高酸性土壤 pH 值、改善土壤的质量、增加土壤有效养分、提高作物产量等方面有重要的作用^[3-5]。为此,本研究以江西省典型红壤旱地为研究对象,采用生物黑炭与氮肥配施的方法来研究其对典型旱地红壤基础地力的提升效果,以研究能最大限度提升旱地红壤地力的配方,为红壤地区农田地力的提升和农业可持续发展提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2013 年 10 月在江西省红壤研究所引育中心基地进行。供试作物为油菜,品种为丰油 730;施用的生物黑炭为

河南省商丘三利新能源公司出品,原料为小麦秸秆,炭化温度为 350~500 ℃,其养分含量分别为有机碳 426 g/kg、氮(N) 7.7 g/kg、磷(P₂O₅) 2.2 g/kg、钾(K₂O) 267 g/kg;供试土壤为红壤旱地,基本肥力状况为 pH 值 4.70,有机质含量 11.47 g/kg,全氮含量 0.61 g/kg,全磷含量 0.38 g/kg,全钾含量 13.99 g/kg,速效氮含量 51.50 mg/kg,速效磷含量 13.37 mg/kg,速效钾含量 184.95 mg/kg。

1.2 试验设计

试验采用 5×3 完全方案设计,随机区组排列,加上 1 个完全空白对照处理(CK),共计 16 个处理,3 次重复,共 48 个小区,小区面积 20 m² (4 m×5 m)。其中 A 因素(生物黑炭)用量 5 个水平,分别为 A₁:0;A₂:6 t/hm²;A₃:12 t/hm²;A₄:24 t/hm²;A₅:48 t/hm²;B 因素(氮肥为纯氮)用量 3 个水平,B₁:90 kg/hm²;B₂:120 kg/hm²;B₃:150 kg/hm²。各处理详见表 1。

表 1 生物黑炭和氮肥提升红壤地力田间试验方案

编号	处理号	A:生物黑炭用量(t/hm ²)	B:氮肥用量(kg/hm ²)
1	C1N1	0	90
2	C1N2	0	120
3	C1N3	0	150
4	C2N1	6	90
5	C2N2	6	120
6	C2N3	6	150
7	C3N1	12	90
8	C3N2	12	120
9	C3N3	12	150
10	C4N1	24	90
11	C4N2	24	120
12	C4N3	24	150
13	C5N1	48	90
14	C5N2	48	120
15	C5N3	48	150
16	CK	0	0

收稿日期:2015-01-15

基金项目:江西省科技计划(编号:20122BBF60087)。

作者简介:孙永明(1981—),男,江西新干人,硕士,助理研究员,主要从事土壤环境研究。E-mail:sym19811122@163.com。

通信作者:李钟平,副研究员,主要从事土壤肥料研究。E-mail:Lzp1963@163.com。

1.3 测定项目及方法

分别在油菜种植前、收获后采集耕层土壤样品,每个小区随机采集 5 点,混匀后自然风干,去除石块和植物残根,过 2.00、0.25 mm 筛,作为分析待测土样。土壤有机质的测定:采用重铬酸钾外加热法;土壤全氮的测定:采用半微量凯氏法;土壤容重采样利用 100 cm³ 的环刀,每个小区采集 3 个点,烘干后称质量。孔隙度测定参照鲁如坤方法测定^[6]。

2 结果与分析

2.1 生物黑炭和氮肥耦合对旱地红壤物理结构的影响

2.1.1 土壤容重 由表 2 可知,生物黑炭与氮肥配施后 0 ~ 15 cm 土层的容重随着生物黑炭用量的增加而大致表现为减

小,与试验前相比,各处理旱地红壤的容重下降幅度为 2.66% ~ 14.90%,表明生物黑炭与氮肥配施起到了改良旱地红壤土壤结构的作用。在 0 ~ 15 cm 土层,C5N2、C5N3 处理的容重变化幅度显著大于其余处理 ($P < 0.05$),与对照相比降幅分别增加了 10.04、11.01 百分点;此外,生物黑炭不同用量间和氮肥不同用量间差异也较为明显。在 15 ~ 30 cm 土层,土壤容重的变化幅度低于 0 ~ 15 cm 土层,这可能是因为生物黑炭施入土壤后,首先与土壤表层混合,达到亚表层还需要更长的时间,因此亚表层土壤的容重变化不太明显;此外,在 15 ~ 30 cm 土层,除 C1N1、C1N2 处理外,其余处理的土壤容重均有不同程度的降低,其中 C5N1 处理容重下降最显著 ($P < 0.05$),达 7.95%,比对照降幅增加了 5.69 百分点。

表 2 各处理土壤容重变化

处理	0 ~ 15 cm 土层			15 ~ 30 cm 土层		
	处理前容重 (g/cm ³)	处理后容重 (g/cm ³)	容重相对变化量 (%)	处理前容重 (g/cm ³)	处理后容重 (g/cm ³)	容重相对变化量 (%)
CK	1.34	1.29	-3.89 ± 0.45bc	1.45	1.42	-2.26 ± 0.09de
C1N1	1.43	1.38	-3.16 ± 0.53ab	1.51	1.52	0.67 ± 0.02b
C1N2	1.32	1.26	-4.27 ± 0.41c	1.40	1.42	2.07 ± 0.04a
C1N3	1.20	1.17	-2.66 ± 0.16a	1.46	1.44	-0.90 ± 0.01c
C2N1	1.37	1.27	-7.25 ± 0.56de	1.40	1.37	-1.96 ± 0.01cd
C2N2	1.27	1.16	-8.82 ± 0.81g	1.38	1.36	-1.47 ± 0.52c
C2N3	1.19	1.11	-6.53 ± 0.51d	1.42	1.39	-1.81 ± 0.05cd
C3N1	1.26	1.17	-7.65 ± 0.53ef	1.46	1.42	-3.19 ± 0.13ef
C3N2	1.33	1.22	-8.59 ± 0.72fg	1.49	1.44	-3.63 ± 0.21fg
C3N3	1.26	1.14	-9.23 ± 0.86g	1.46	1.41	-3.28 ± 0.31ef
C4N1	1.24	1.13	-9.28 ± 0.84g	1.42	1.35	-4.59 ± 0.21ghi
C4N2	1.34	1.21	-9.39 ± 0.72g	1.49	1.43	-4.03 ± 0.32fgh
C4N3	1.35	1.20	-11.28 ± 1.21h	1.54	1.46	-5.13 ± 0.51hi
C5N1	1.40	1.23	-11.76 ± 1.01h	1.38	1.27	-7.95 ± 0.62jk
C5N2	1.24	1.07	-13.93 ± 1.21i	1.36	1.30	-3.95 ± 0.21fgh
C5N3	1.27	1.08	-14.90 ± 1.12i	1.43	1.36	-5.06 ± 0.43hi

注:相对变化量 = (施用生物黑炭、氮肥后土壤中某指标含量 - 施用生物黑炭、氮肥前土壤中某指标含量) / 施用生物黑炭、氮肥前土壤中某指标含量 × 100%。同列数据后标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$);表 3 至表 5 同。

2.1.2 总孔隙度 表 3 结果显示,施用生物黑炭、氮肥后与施用前相比,各处理土壤的总孔隙度均有提高。在 0 ~ 15 cm 土层,提高幅度为 3.97% ~ 19.51%,其中 C5N3 处理的总孔隙度提升幅度最大,比对照高 15.54 百分点;方差分析表明,除 C1N1、C1N2、C1N3 和 C2N1 处理外,其余处理土壤总孔隙度与对照相比均达到显著差异 ($P < 0.05$)。在氮肥水平相同的情况下,土壤总孔隙度随着生物黑炭施用量的增加大致呈现增加趋势;在同一生物黑炭施用量下,不同氮肥水平土壤孔隙度变化基本无差异。说明氮肥对土壤总孔隙度的影响较小,主要是因为氮肥为化学肥料,它对土壤结构的影响远低于其对土壤养分的影响。在 15 ~ 30 cm 土层,各处理总孔隙度的提高幅度为 2.72% ~ 11.81%,较 0 ~ 15 cm 土层土壤总孔隙度升高幅度有所下降;方差分析表明,与对照相比各处理表现出不同的差异,其中 C5N2 处理的总孔隙度增幅最大,相对变化量比对照高 9.09 百分点 ($P < 0.05$)。同一氮肥水平、不同生物黑炭施用量条件下,土壤总孔隙度差异明显;同一生物黑炭施用量、不同肥水平条件下,C1N1、C1N2 和 C1N3 处理差异不显著。这说明生物黑炭在改善土壤通气方面起到了一定的作用,主要是因为生物黑炭为多孔体系,具有较大的比表

面积,与土壤混合后,在一定程度上能起到改变土壤孔隙状况的作用。

2.2 生物黑炭和氮肥耦合对红壤旱地养分的影响

2.2.1 有机碳(SOC) 表 4 结果显示,施用生物黑炭、氮肥后与施用前相比,0 ~ 15 cm 土层 SOC 含量除对照降低外,其余处理均有不同程度的提高,其中 C4N2 处理提高幅度最大,显著高于其他处理 ($P < 0.05$),与对照相比相对增幅高 50.06 百分点。同一氮肥用量水平下,随着生物黑炭用量的增加,SOC 含量大致呈增加趋势。在 15 ~ 30 cm 土层,SOC 含量除未施生物黑炭处理外,其余处理均有提高,提高幅度普遍低于 0 ~ 15 cm 土层,其中 C3N2 处理 SOC 含量的增幅最大,显著高于其他处理 ($P < 0.05$),增幅较对照高出 55.66 百分点。结果表明,生物黑炭能够有效提高土壤有机碳的含量。

2.2.2 总氮(TN) 由表 5 可以看出,施用生物黑炭、氮肥后与施用前相比,0 ~ 15 cm 土层土壤的 TN 含量除 CK、C1N1 处理较之前降低外,其余处理均表现为升高,升高幅度为 2.88% ~ 27.83%,其中 C4N3、C5N1 处理 TN 含量提升幅度最大,与对照相比增幅分别提高了 40.38、39.63 百分点,显著高于其他处理 ($P < 0.05$)。比较同一生物黑炭施用量不同氮

表 3 各处理土壤总孔隙度变化

处理	0 ~ 15 cm 土层			15 ~ 30 cm 土层		
	处理前总孔隙度 (%)	处理后总孔隙度 (%)	总孔隙度相对变化量 (%)	处理前总孔隙度 (%)	处理后总孔隙度 (%)	总孔隙度相对变化量 (%)
CK	49.51	51.47	3.97 ± 0.14gh	45.35	46.58	2.72 ± 0.14hij
C1N1	52.37	56.01	6.95 ± 0.54g	44.76	46.52	3.94 ± 0.32hi
C1N2	49.73	54.04	8.68 ± 0.51fg	43.77	45.81	4.66 ± 0.35gh
C1N3	52.61	56.98	8.32 ± 0.52fg	44.89	46.70	4.02 ± 0.31hi
C2N1	53.13	57.48	8.19 ± 0.64fg	46.49	48.94	5.28 ± 0.43fgh
C2N2	49.54	54.28	9.56 ± 0.46f	43.85	46.12	5.16 ± 0.38fgh
C2N3	49.10	54.85	11.70 ± 0.88e	42.07	45.05	7.07 ± 0.45de
C3N1	47.35	53.54	13.07 ± 1.02cde	47.90	52.04	8.64 ± 0.72bc
C3N2	53.21	59.72	12.25 ± 1.08de	48.83	50.85	4.14 ± 0.52h
C3N3	52.12	59.26	13.68 ± 1.06cd	46.04	48.77	5.93 ± 0.51efg
C4N1	54.87	61.52	12.11 ± 1.08de	43.65	46.27	6.00 ± 0.35efg
C4N2	53.21	60.07	12.90 ± 1.12de	43.69	47.89	9.62 ± 0.52b
C4N3	52.57	59.70	13.58 ± 1.15cd	47.31	50.21	6.12 ± 0.58ef
C5N1	53.43	61.30	14.72 ± 1.21bc	46.98	49.46	5.29 ± 0.58fgh
C5N2	51.51	59.79	16.09 ± 1.24b	44.10	49.31	11.81 ± 0.85a
C5N3	47.82	57.14	19.51 ± 1.94a	46.61	50.46	8.27 ± 0.62cd

表 4 各处理土壤有机碳含量的变化情况

处理	0 ~ 15 cm 土层			15 ~ 30 cm 土层		
	处理前有机碳含量 (g/kg)	处理后有机碳含量 (g/kg)	有机碳含量相对变化量 (%)	处理前有机碳含量 (g/kg)	处理后有机碳含量 (g/kg)	有机碳含量相对变化量 (%)
CK	8.07	7.83	-3.03 ± 0.02i	7.26	6.68	-8.04 ± 0.05k
C1N1	8.08	8.25	2.10 ± 0.01h	7.46	7.17	-3.91 ± 0.02j
C1N2	8.24	8.56	3.93 ± 0.02gh	7.51	7.38	-1.67 ± 0.01j
C1N3	7.98	8.54	6.95 ± 0.04g	7.42	7.19	-3.16 ± 0.02j
C2N1	6.23	7.56	21.40 ± 1.04f	6.90	8.05	16.60 ± 1.02h
C2N2	6.59	7.50	13.91 ± 0.83f	6.84	8.86	29.57 ± 2.45cd
C2N3	6.37	7.88	23.67 ± 1.23e	6.51	7.84	20.37 ± 2.03g
C3N1	5.85	7.52	28.56 ± 2.34d	5.77	6.75	16.93 ± 1.06h
C3N2	5.52	7.50	35.86 ± 3.45c	5.58	8.24	47.62 ± 3.56a
C3N3	5.49	8.05	46.79 ± 3.42a	5.47	5.90	7.87 ± 0.12i
C4N1	6.90	8.60	24.62 ± 1.87e	7.11	8.29	16.62 ± 1.34h
C4N2	8.41	12.37	47.03 ± 3.87a	7.76	9.80	26.24 ± 2.34ef
C4N3	8.56	9.94	16.10 ± 1.56f	7.98	10.10	26.60 ± 3.01ef
C5N1	7.50	9.87	31.58 ± 2.56d	7.93	10.13	27.71 ± 3.01de
C5N2	6.84	9.50	38.98 ± 3.01bc	6.79	8.45	24.52 ± 2.01f
C5N3	7.83	11.12	42.04 ± 3.57b	7.97	9.25	16.06 ± 1.48h

肥施用水平、同一氮肥施用量不同生物黑炭施用水平可知,处理与处理之间存在明显差异,表明生物黑炭和氮肥对土壤中全氮含量均有影响,其影响程度、贡献率大小有待进一步研究。15 ~ 30 cm 土层各处理 TN 含量提高幅度明显低于 0 ~ 15 cm 土层,其中 C3N2 处理 TN 含量提高幅度最大,与对照相比相对变化量提高了 18.17 百分点,显著高于其他大部分处理 ($P < 0.05$)。方差分析表明,除 CK、C1N1、C1N2、C2N1、C3N2 和 C5N1 等处理外,其余大部分处理间差异不显著,说明生物黑炭和氮肥对 15 ~ 30 cm 土层 TN 含量作用不明显。

2.3 生物黑炭和氮肥耦合对作物产量的影响

由图 1 可知,试验结束后,各处理油菜的产量与对照相比增幅为 2.90% ~ 49.26%,其中 C4N3 处理油菜产量最高,比对照高 680.94 kg/hm²。方差分析表明,各处理油菜产量与对照相比均达到显著差异 ($P < 0.05$)。同一生物黑炭施用量不同氮肥水平下,随着氮肥的增加,产量呈增加趋势;同一氮肥水平不同生物黑炭施用量下,随着生物黑炭施用量的增加,油菜产量呈现出先增后降的趋势,在生物黑炭施用量为

24 t/hm² 时达到峰值。

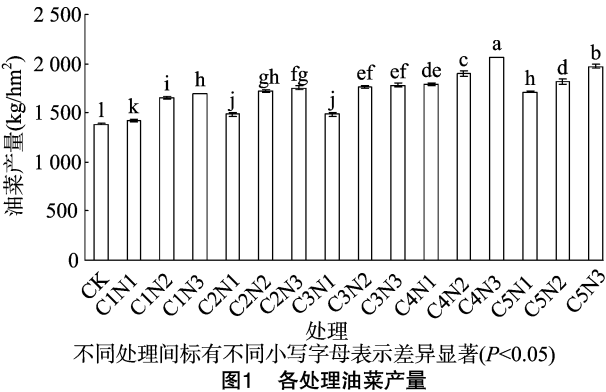
3 讨论

容重是土壤的重要物理性质,是衡量土壤紧实程度的一个指标。土壤容重过大,则土壤紧实,不利于土壤通气透水,进而对作物的生长造成影响^[7];土壤容重过小,又不利于土壤保水保肥,养分易于流失。本研究发现,生物黑炭与氮肥配施后,旱地红壤的容重有不同程度的下降,且随着生物黑炭用量的增加,容重也大致逐渐减小,其原因主要是生物黑炭为多孔体系,具有较大的比表面积,与土壤混合后能在一定程度上改变土壤的孔隙状况,降低土壤的拉伸强度,进而提高作物根系在土壤中的穿透能力,降低土壤容重。

土壤 SOC 不仅是土壤养分循环转化的核心,而且对土壤结构的形成及其稳定性具有重要影响。土壤 SOC 含量的变化,一直是国内外土地利用、土壤肥力和土壤质量变化研究与评价的核心内容^[8]。本研究发现,生物黑炭的施入对旱地红壤有机碳的提升起到了显著效果。主要是因为生物黑炭中含

表 5 各处理土壤全氮含量变化

处理	0 ~ 15 cm 土层			15 ~ 30 cm 土层		
	处理前全氮 含量(g/kg)	处理后全氮 含量(g/kg)	全氮含量相对 变化量(%)	处理前全氮 含量(g/kg)	处理后全氮 含量(g/kg)	全氮含量相对 变化量(%)
CK	1.07	0.94	-12.55 ± 1.23i	0.97	0.87	-9.93 ± 0.08l
C1N1	0.98	0.97	-0.98 ± 0.03h	0.92	0.93	1.63 ± 0.03hi
C1N2	0.98	1.02	3.83 ± 0.12fg	0.85	0.79	-7.06 ± 0.05k
C1N3	0.98	1.12	14.84 ± 1.21c	0.96	0.97	0.86 ± 0.01i
C2N1	1.04	1.07	2.88 ± 0.21g	0.87	0.85	-2.30 ± 0.03j
C2N2	0.95	1.03	8.42 ± 0.74e	0.84	0.89	5.95 ± 0.05cde
C2N3	0.97	1.08	11.34 ± 1.02d	0.86	0.92	6.98 ± 0.06bcd
C3N1	0.96	1.10	14.58 ± 1.23c	0.79	0.82	3.80 ± 0.05fg
C3N2	0.91	1.04	14.29 ± 1.43c	0.85	0.92	8.24 ± 0.12ab
C3N3	0.94	1.02	8.51 ± 0.82e	0.83	0.86	3.61 ± 0.23fgh
C4N1	1.07	1.14	6.33 ± 0.54ef	0.82	0.85	3.72 ± 0.10fg
C4N2	1.03	1.15	11.47 ± 0.93d	1.01	1.03	2.02 ± 0.09ghi
C4N3	0.96	1.23	27.83 ± 2.34a	0.89	0.92	3.39 ± 0.04fgh
C5N1	1.04	1.32	27.08 ± 2.12a	0.87	0.91	4.81 ± 0.03def
C5N2	0.92	1.12	21.83 ± 2.43b	0.82	0.85	3.29 ± 0.05fgh
C5N3	0.98	1.11	13.40 ± 1.21cd	0.92	0.94	2.17 ± 0.04ghi



有大量的有机碳,而红壤富含铁、铝氧化物的特性使其具备较强的吸附有机碳能力^[9],土壤有机物作用加强,形成更多有机胶体及其有机无机复合体,改变土壤有机质的组成,稳定了土壤有机碳库,形成了稳定的 SOC,提高了土壤肥力^[10]。

生物黑炭不仅有改善土壤的质量、增加土壤有效养分,而且在提高作物产量等方面有重要的作用。Zhang 等研究表明,在常规施氮条件下,施用生物黑炭 10、40 t/hm² 分别可以使作物产量提高 8.8%、12.1%;在不施氮肥条件下施用生物黑炭 10、40 t/hm² 分别可以使作物产量提高 12%、14%^[11],充分印证了本研究生物黑炭对油菜的增产作用。

4 结论

(1)生物黑炭和氮肥耦合改善了旱地红壤物理结构,旱地红壤的容重得到了不同程度的降低,以 C5N3 处理降幅最高,变化幅度比对照(CK)高 11.01 百分点,且随着生物黑炭用量的增加,容重逐渐减小。总孔隙度也得到了不同程度的提高,C5N3 处理的总孔隙度比处理前提高了 9.32 百分点,相对变化量显著高于其余处理(P<0.05)。

(2)生物黑炭和氮肥耦合提高了红壤旱地养分,0 ~ 30 cm 土层 SOC 含量均有不同程度的提高。对于 0 ~ 15 cm 土层,在同一氮肥用量水平下,生物黑炭用量越大,SOC 含量提高越多。C4N2 处理中 SOC 含量的相对升高百分比与其余

处理间差异显著(P<0.05),与对照相比,提高了 50.06 百分点。在 15 ~ 30 cm 土层,C3N2 处理 SOC 含量的相对升高百分比最大,与其余处理间差异显著(P<0.05),较对照(CK)高 55.66 百分点。TN 含量以 C4N3 处理最好,相对变化量较对照(CK)提高了 40.38 百分点。

(3)生物黑炭与氮肥配施后增加了油菜的产量,与对照相比增产 2.90% ~ 49.26%,其中 C4N3 处理单位面积油菜实际产量最高,比 CK(对照)高 680.94 kg/hm²,增产 49.26%,显著高于其余处理(P<0.05)。

参考文献:

[1] 许中坚,刘广深,刘维屏. 人为因素诱导下的红壤酸化机制及其防治[J]. 农业环境保护,2002,21(2):175-178.

[2] 吴海勇,李明德,刘琼峰,等. 不同土壤改良剂在红壤旱地上的应用效果[J]. 湖南农业科学,2010(11):45-47,50.

[3] 张文玲,李桂花,高卫东. 生物质炭对土壤性状和作物产量的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(17):153-157.

[4] 王成己,王义祥,林宇航,等. 生物黑炭输入对果园土壤性状及活性有机碳的影响[J]. 福建农业学报,2012,27(2):196-199.

[5] 吴志丹,尤志明,江福英,等. 生物黑炭对酸化茶园土壤的改良效果[J]. 福建农业学报,2012,27(2):167-172.

[6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2000.

[7] 孙利军,张仁陟,黄高宝. 保护性耕作对黄土高原旱地地表土壤理化性状的影响[J]. 干旱地区农业研究,2007,25(6):207-211.

[8] 吴晓晨,李忠佩,张桃林. 长期不同施肥措施对红壤水稻土有机碳和养分含量的影响[J]. 生态环境,2008,17(5):2019-2023.

[9] 范庆锋,张玉龙,陈重,等. 保护地土壤酸度特征及酸化机制研究[J]. 土壤学报,2009,46(3):466-471.

[10] 唐国勇,黄道友,黄敏,等. 红壤丘陵景观表层土壤有机碳空间变异特点及其影响因子[J]. 土壤学报,2010,47(4):753-759.

[11] Zhang A F, Liu Y M, Pan G X, et al. Effect of biochar amendment on maize yield and greenhouse gas emissions from a soil organic carbon poor calcareous loamy soil from central China plain[J]. Plant and Soil,2012,351(1/2):263-275.

黄 强,季寅星. 南通市重点增殖养殖区水质评价及因子分析[J]. 江苏农业科学,2016,44(2):356-359.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.02.104

南通市重点增殖养殖区水质评价及因子分析

黄 强,季寅星

(江苏省南通市海洋环境监测预报中心,江苏南通 226006)

摘要:于 2012—2014 年分别对江苏省南通市紫菜、贝类增殖养殖区进行 9 个航次共计 11 个指标的水质监测,采用有机污染评价指数法分别评价 2 个养殖区的水质状况,并采用因子分析法对水质指标进行分析。结果表明,监测期间 2 个养殖区的水质均受到污染,但各月份污染程度不同,污染因子包括亚硝态氮、硝态氮、活性磷、化学需氧量、氨态氮。贝类养殖区水质监测结果的总体方差主要来源于盐度、溶解氧、硝态氮、溶解性无机氮,其次为亚硝态氮、活性磷、叶绿素 a,再次为 pH 值、化学需氧量、氨态氮,最后为温度;紫菜养殖区主要来源于氨态氮、溶解性无机氮、活性磷、温度、叶绿素 a,其次为硝态氮、化学需氧量、亚硝态氮,再次为 pH 值、盐度、溶解氧。贝类养殖区的盐度、溶解氧、硝态氮、溶解性无机氮之间,亚硝态氮与活性磷之间,pH 值、化学需氧量、氨态氮之间均呈较好的正相关,而亚硝态氮、活性磷、叶绿素 a 之间呈较好的负相关;紫菜养殖区的氨态氮、溶解性无机氮、活性磷之间,温度与叶绿素 a 之间,化学需氧量与亚硝态氮之间,pH 值、盐度、溶解氧之间均呈较好的正相关,而氨态氮、溶解性无机氮、活性磷与温度、叶绿素 a 之间,硝态氮与化学需氧量、亚硝态氮之间均呈较好的负相关。

关键词:南通市;增殖养殖区;水质评价;因子分析

中图分类号: S967.2;X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)02-0356-04

江苏省南通市浅海滩涂可利用开发面积达 12.3 万 hm^2 ^[1],养殖品种涵盖条斑紫菜、文蛤、泥螺等,已形成集养殖、加工、销售为一体的产业链^[2-3]。近年来,随着海岸带经济和养殖产业的快速发展,营养物质的大量输入使水体中营养盐体积分数快速提升,进而导致养殖海区富营养化^[4-5]。同时,水体中有害有毒物质不断积累,附生性藻类大量孳生,严重影响水产品的产量和品质^[6]。研究南通市重点海水增殖养殖区的环境质量及其变化特征,确定污染因子,进而改善养殖海域环境,调整养殖产业布局,已成为保持南通市海水养殖产业可持续发展亟待解决的问题。

对南通市启东市贝类增殖养殖区、如东县紫菜增殖养殖区进行连续 3 年共计 9 个航次的生态环境调查。针对环境调查结果,采用有机污染评价指数法分别对 2 个养殖区不同时期的水质状况进行评价,并采用因子分析法确定各水质与环境指标的变化情况,确定不同时期各养殖区的主要污染因子。水质评价及因子分析结果对该养殖区的养殖产业规划及水质修复具有指导意义。

1 材料与方法

1.1 样品采集与测定

于 2012—2014 年对南通市重点海水增殖养殖区(121°35′~121°42′E,32°08′~32°32′N)水质进行监测,分别在如东县紫菜重点海水增殖养殖区、启东市贝类重点增殖养殖区

各设置 7 个采样站位(图 1)。根据养殖期,分别于 8、9、10 月在启东市贝类重点增殖养殖区进行监测,并于 3、4、5 月在如东县紫菜养殖区进行监测。采样工作于每月小潮平潮期进行,采集水面下 15~20 cm 的表层水,每站位平行采集 3 瓶水样,每瓶 500 mL,并使用 HANNA 型快速分析仪测定表层水温、pH 值、盐度、溶解氧。水样于 4℃ 下运至实验室,按照《海水增殖养殖区监测技术规程》中的分析方法进行水质监测^[7],测定指标为活性磷、氨态氮、亚硝态氮、硝态氮、化学需氧量、叶绿素 a。

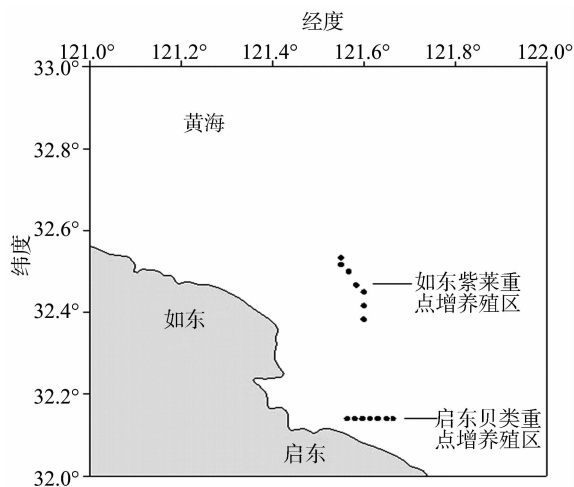


图1 南通市重点海水增殖养殖区调查站位

1.2 水质评价

1.2.1 水质综合评价 采用海水有机污染评价指数(A)分别评价贝类、紫菜增殖养殖区的海水环境状况,该评价方法利用水体中化学需氧量(COD)、溶解性无机氮(DIN)、溶解性无机磷(DIP)、溶解氧(DO)4项水质指标。该方法综合考虑水体

收稿日期:2015-08-28

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2012BAC07B03)。

作者简介:黄 强(1982—),男,江苏丹阳人,硕士研究生,工程师,主要从事海洋环境与渔业生态环境研究。Tel:(0513) 83549590; E-mail:q_huang1982@sina.com。